

Ocena ryzyka wystąpienia *Phytophthora ramorum* w lasach Polski

Risk Assessment of *Phytophthora ramorum* Occurrence in Polish forests

Ewelina Malinowska¹, Tomasz Oszako^{2*} , Jan Łukaszewicz² 

¹Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

²Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

*autor korespondencyjny – T.Oszako@ibles.waw.pl

Abstract. The primary aim of this study was to analyze the risk of introducing the pathogen *Phytophthora ramorum* to Poland via seedlings (e.g., from ornamental nurseries) into forests, and the associated consequences for Polish forest-forming species.

The methodology was based on a Pest Risk Assessment (PRA) performed according to EFSA (European Food Safety Authority) guidelines. The theoretical foundation involved a review of the relevant literature, including the characteristics, detection possibilities, and disease symptoms caused by *P. ramorum* in various hosts. The PRA specifically assessed the pathogen's biology, ecology, and current global spread and current global distribution/dispersal patterns. The analysis then focused on the factors critical for its potential establishment in Polish forest ecosystems, such as climatic conditions, the presence of potential hosts in Poland, and possible transmission routes (especially via nursery stock from affected countries).

Our studies have shown a risk of transmission and establishment of *P. ramorum* in Polish forests. This finding is driven by the global commercial movement of plant material combined with the availability of potential hosts. Although Poland's climate is cold and temperate, which generally does not favour the pathogen's widespread development, *P. ramorum* could survive and establish in specific, more favourable regions, e.g., in the south-western part of the country. This presents serious potential consequences for the health of tree populations, forest ecosystems, and the forestry sector.

Słowa kluczowe: ocena ryzyka wystąpienia patogenu (PRA-EFSA), nowe zagrożenia, gospodarka leśna, inwazyjne patogeny, Omycetes

Keywords: risk of pathogen assessment (PRA-EFSA), new threats, forest management, invasive pathogens, Omycetes

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach coraz większą uwagę poświęca się zagrożeniom związanym z przypadkową introdukcją i rozprzestrzenianiem się fitopatogenów. Mogą one stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia i stabilności ekosystemów leśnych. Jednym z groźnych patogenów dla polskich lasów jest *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld (2001), organizm zaliczany do grupy lęgniowców, zdolny do wywołania chorób u wielu gatunków roślin, o potencjalnie znaczącym negatywnym wpływie na różnorodność biologiczną i funkcjonowanie ekosystemów leśnych.

Patogen ten ma niszczycielski wpływ na modrzewie (*Larix* spp.) w zachodniej części Wielkiej Brytanii, gdzie wywołuje chorobę zwaną Nagłą Śmiercią Modrzewia (ang. Sudden Larch Death) (Brasier i in. 2010). Skala problemu jest znaczna, od momentu pierwszego wykrycia na modrzewiu w 2009 roku w południowo-zachodniej Anglii, choroba rozprzestrzeniła się błyskawicznie, prowadząc do konieczności usunięcia dziesiątek tysięcy hektarów lasów. W niektórych regionach, jak Walia czy Szkocja, *P. ramorum* jest uznawana za najpoważniejszą chorobę drzew w historii

(Webber, Brasier 2012). Patogen skutecznie wyeliminował modrzewia jako opłacalny komercyjnie gatunek drzewa do hodowli w Wielkiej Brytanii, co ma ogromne konsekwencje gospodarcze i środowiskowe. Kluczowym czynnikiem decydującym o epidemicznym charakterze choroby na modrzewiu jest jego zdolność do masowej produkcji zarodników (sporangiiów) na zainfekowanych igłach. Igły modrzewia, w przeciwieństwie do igieł innych drzew iglastych, stanowią wyjątkowo produktywnie źródło inokulum (Harris, Webber 2016). Zarodniki te, uwalniane przez deszcz i wiatr (poprzez zjawisko określane jako zraszana deszczem transmisja, ang. rain-splashed transmission), mogą być przenoszone na znaczne odległości, inicjując infekcje na pniach modrzewi (gdzie rozwijają się śmiertelne nekrozy kory) oraz na roślinach runa leśnego, w tym na rododendronach (*Rhododendron ponticum*), które również stają się rezerwuarem patogenu.

W Ameryce Północnej *P. ramorum* powoduje z kolei tzw. nagłe zamieranie dębów, charakteryzujące się zamieraniem pędów u porażonych roślin żywicielskich oraz nekrozami liści (Rizzo i in. 2002; Jung i in. 2016). W Europie *P. ramorum* jako patogen został po raz pierwszy opisany w 2001 roku, kiedy to zidentyfikowano go

na uszkodzonych roślinach ozdobnych, takich jak różaneczniki (*Rhododendron*) i kalina (*Viburnum*) (Werres i in. 2001). W kolejnych latach badania potwierdziły jego obecność w szkółkach roślin ozdobnych, co stanowi również ryzyko niezamierzonego wprowadzenia go do ekosystemów leśnych, półnaturalnych i ogrodniczych (Jung i in. 2016). W Polsce pierwsze doniesienie o wystąpieniu patogenu na różanecznikach pojawiło się w 2002 roku (Orlikowski, Szkuta 2002).

2. Cel pracy

Celem artykułu było oszacowanie ryzyka przeniesienia patogenu *P. ramorum* ze szkółek roślin ozdobnych do lasów i związane z tym konsekwencje dla gatunków lasotwórczych w Polsce.

Na potrzeby pracy sformułowano następującą hipotezę badawczą: istnieje ryzyko przeniesienia i zdomowienia się *Phytophthora ramorum* w polskich lasach ze względu na globalny handel roślinami oraz sprzyjające warunki środowiskowe, takie jak klimat i dostępność potencjalnych żywicieli patogenu. Może to prowadzić do poważnych konsekwencji dla zdrowia drzewostanów, ekosystemów leśnych oraz gospodarki leśnej w Polsce.

3. Metodyka

W ramach niniejszej pracy zastosowano analizę ryzyka wprowadzenia i zdomowienia się patogenu (ang. Pest Risk Assessment – PRA), opartą na wytycznych Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA), oraz przegląd dostępnych źródeł.

Metodyka opierała się na krytycznym przeglądzie literatury przedmiotu oraz analizie kluczowych baz danych i regulacji prawnych. Źródłem wiedzy były specjalistyczne publikacje krajowe i zagraniczne, w tym m.in. artykuły z czasopism takich jak: *Forest Pathology*, *Plant Pathology*, *Journal Phytopathology*, *Ecological*

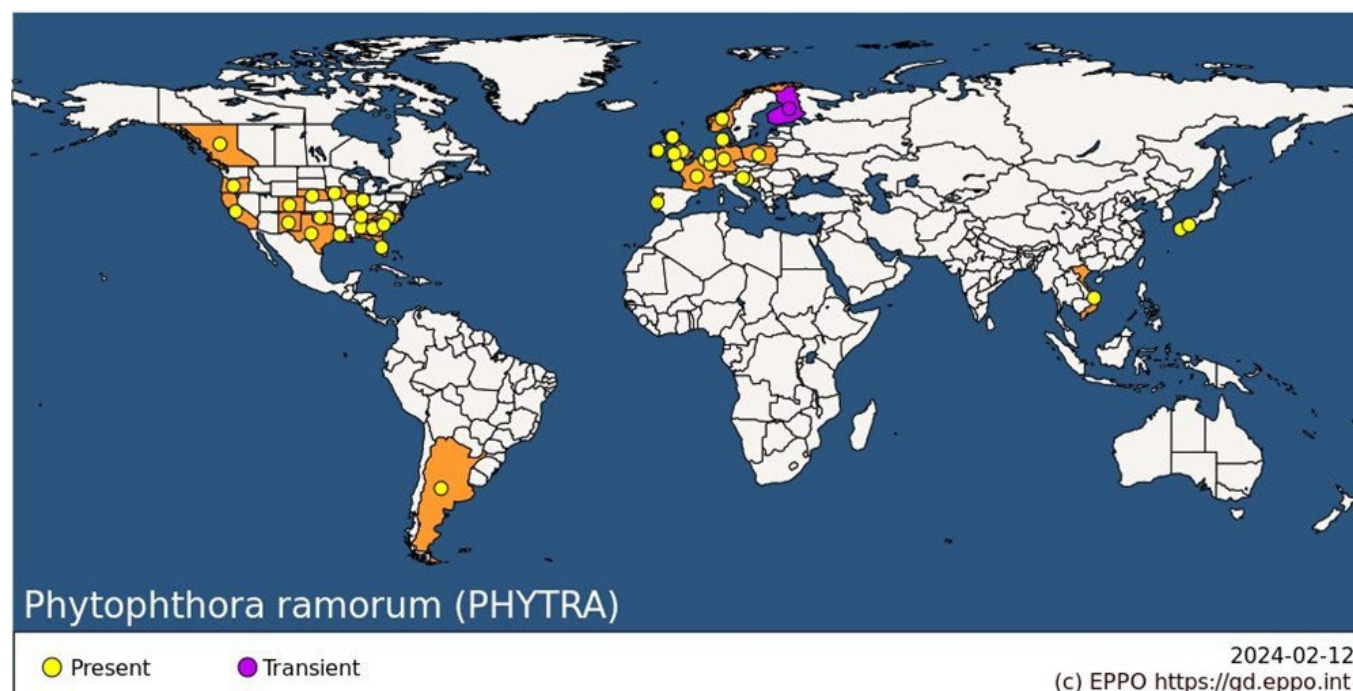
and Evolutionary Science czy *Leśne Prace Badawcze*.

Wykorzystano również dane z baz, w tym Europejskiej i Śródziemnomorskiej Organizacji Ochrony Roślin (EPPO), Globalnej Bazy Danych Gatunków Inwazyjnych (GISD) oraz stron internetowych EUFORGEN i Forestry Research.

Analizie poddano także obowiązujące prawodawstwo Unii Europejskiej, w tym kluczowe dyrektywy (Dyrektywa 1993; 2009; 2014; 2022) oraz rozporządzenia (Rozporządzenie 2009; 2019), które regulują kwestie związane z ochroną roślin i postępowaniem z patogenami.

Ocena ryzyka PRA została przeprowadzona w kilku etapach, które pozwoliły na analizę zagrożenia polskich lasów. Proces ten obejmował:

1. Identyfikację i charakterystykę zagrożenia: przeanalizowano biologię, ekologię, globalne rozmieszczenie geograficzne i historię występowania *P. ramorum*, a także potencjalne szkody, jakie może wywołać w ekosystemach leśnych.
2. Analizę dróg przenoszenia: zidentyfikowano potencjalne sposoby, jakimi patogen mógłby zostać zawleczony na terytorium Polski.
3. Ocenę prawdopodobieństwa zdomowienia się: porównano warunki klimatyczne w Polsce z panującymi na obszarach, gdzie patogen już występuje. Analiza ta, w połączeniu z oceną dostępności potencjalnych roślin żywicielskich, pozwoliła na oszacowanie ryzyka trwałego zdomowienia się patogenu w polskich lasach.
4. Ocenę potencjalnych skutków i szkód: dokonano oceny ekonomicznych i ekologicznych konsekwencji, jakie mogłyby wystąpić w wyniku rozprzestrzeniania się patogenu.



Rycina 1. Rozmieszczenie *P. ramorum* na świecie. Źródło: (EPPO 2024)

Figure 1. Global distribution of *P. ramorum*. Source: (EPPO 2024)

4. Charakterystyka gatunku i jego szkodliwości w miejscach występowania, drogi przenoszenia i ryzyka przypadkowej introdukcji

Ogólna charakterystyka rodzaju *Phytophthora*

Zentmyer (1984) określił gatunki *Phytophthora* (z gr. phyto – roślina, phthora – niszczyciel) jako destrukcyjne czynniki dla roślin. Rodzaj ten należy do typu Oomycota, który pomimo podobieństw do grzybów, filogenetycznie jest bliżej spokrewniony z roślinami (Ptaszek i in. 2015a). Gatunki *Phytophthora* to patogeny glebowe, izolowane z materiału roślinnego, gleby i wody, cechujące się wysokim stopniem pasożytnictwa (Ptaszek i in. 2015a; 2015b; Ptasek Orlikowski 2015). Patogeny te powodują choroby korzeni i podstawy pni drzew oraz krzewów, co prowadzi do zamierania pojedynczych organów lub całych roślin. Gatunki *Phytophthora* odpowiadają za liczne epifitozy w lasach na całym świecie (ryc. 1). Uszkodzając systemy korzeniowe, wywołują u drzew stres wodny, co prowadzi do atrofii, chlorozy, a w konsekwencji do utraty liści lub igieł (defoliacji) i zamierania drzewostanów (Hayden i in. 2014).

P. ramorum – historia, biologia i genetyka

Do tej pory formalnie opisano ponad 142 gatunki w obrębie rodzaju *Phytophthora*, z czego ponad 70% z nich powoduje poważne choroby drzew w różnych strefach klimatycznych, od tropikalnej po umiarkowaną (Jung 2017a; 2017b). Gatunki te rozprzestrzeniają się z wodą poprzez ciekły wodny dzięki zarodnikom płytkowym (zoosporom). W Polsce, w ciekach i zbiornikach wodnych, stwierdzono występowanie 17 gatunków tego rodzaju (Ptaszek i in. 2015b).

Gatunek *P. ramorum* jako inwazyjny posiada cztery klonalne linie rodowe: dwie w Ameryce Północnej (NA1 i NA2) oraz dwie w Europie (EU1 i EU2) (Dale 2019b). Patogen ten jest heterotaliczny, co oznacza, że do rozmnażania płciowego wymaga obecności dwóch typów kojarzeniowych – A1 i A2. Pierwotnie typ A1 był dominujący w Europie, natomiast typ A2 w Ameryce Północnej. Późniejsze badania ujawniły jednak, że typ A2 również występuje w Europie, a typ A1 w USA, co jest efektem globalizacji i intensyfikacji międzynarodowego handlu materiałem roślinnym (Franceschini i in. 2014). Przypuszcza się, że oba typy kojarzeniowe

pochodzą z Azji, prawdopodobnie z wilgotnych lasów z dominacją drzew bukowatych z południowo-zachodnich Chin (Jung i in. 2017). Z tego powodu również buki w Europie są potencjalnie zagrożone jako rośliny żywicielskie.

P. ramorum tworzy zarodnie płytkowe (zoosporangia) oraz grubościenne zarodniki przetrwalnikowe (chlamydospory) o średnicy od 46,4 do 60,1 µm. Rozwijają się optymalnie w temperaturze 20°C, ale tolerują temperatury do 37°C (Orlikowski, Węjacha 2005b). Potencjalnie patogen jest zatem dobrze przygotowany na globalne ocieplenie klimatu.

Rozmieszczenie i objawy chorobowe *P. ramorum*

Nagłe zamieranie dębów w USA doprowadziło w połowie lat 90. do śmierci ponad miliona drzew (Mazurek i in. 2018a). Zamieranie drzewostanów modrzewiowych w Wielkiej Brytanii spowodowało śmiertelność milionów drzew na tysiącach hektarów (Brasier i in. 2010). Szczególnie niszczycielskie jest porażanie igieł modrzewia, ponieważ sprzyja to szybkiemu wytwarzaniu zarodników i rozprzestrzenianiu się patogenu (Harris, Webber 2016). Ten specyficzny i gwałtowny wzrost inokulum wynika z faktu, że delikatna tkanka igieł modrzewia jest wyjątkowo podatna na infekcję i stanowi idealne podłoże do produkcji ogromnej ilości zarodników (sporangiów), które następnie są rozprzestrzeniane przez deszcz i wiatr, inicjując śmiertelne nekrozy na pniach zdrowych drzew w sąsiedztwie. Patogen jest szczególnie groźny dla modrzewia japońskiego (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière).

Do tej pory stwierdzono występowanie tego patogenu na wielu gatunkach, w tym na: dębie (*Quercus spp.*), buku (*Fagus sylvatica* L.), jodle szlachetnej (*Abies procera* Rehder), choinie zachodniej (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.), cyprysiku (*Chamaecyparis*) oraz wielu roślinach ozdobnych, takich jak różaneczniki (*Rhododendron*) i kalina (*Viburnum*).

Objawy chorobowe wywołane przez *P. ramorum* u różnych żywicieli

Objawy choroby różnią się w zależności od gatunku rośliny. Na dębach charakterystyczne są tzw. krwawiące raki, czyli wysięki ciemnoczerwonego lub czarnego, lepkiego płynu z pęknięć kory pnia. Pod tymi wysiękami widoczne są rozległe nekrozy łyka i kamium. Nekrozy te najczęściej występują w dolnej części pnia, rza-



Rycina 2. Zamierające dęby w Kalifornii i Oregonie porażone przez *P. ramorum*. Źródło: (Grünwald i in. 2019)
Figure 2. Declining oaks in California and Oregon infected by *P. ramorum*. Source: (Grünwald et al. 2019)

dziej sięgając wysokości 20 metrów. Choroba ta może prowadzić do wysokiej śmiertelności drzew (Sadowska 2017a).

W przypadku porażenia modrzewi, zwłaszcza modrzewia japońskiego, dominują wycieki żywicy z pnia oraz nekrozy tkanek pędów, co skutkuje ich zamieraniem (Harris, Webber 2016; Oszako i in. 2022). Na liściach i igłach pojawiają się objawy takie jak chłoroza, przedwczesne opadanie (defoliacja) oraz nekroza (ryc. 2). Chociaż *P. ramorum* zazwyczaj nie kolonizuje korzeni roślin, zoosporę przenoszone z wodą mogą je infekować, z wyjątkiem korzeni gatunków z rodzaju *Viburnum* (Sadowska 2017a).

Żywiciele i objawy chorobowe P. ramorum w Polsce

W Polsce *P. ramorum* może infekować szereg gatunków leśnych i ozdobnych. Zalicza się do nich dęby czerwony i burgundzki (natomiast dąb szypułkowy i beczypułkowy wykazują większą odporność), brzozy, buk zwyczajny, kasztan jadalny, kasztanowiec pospolity, daglezień zieloną, modrzew japoński i europejski oraz świerk sitkajski (Mazurek i in. 2018b). Patogen występuje również na licznych roślinach ozdobnych, w tym różanecznikach, kalinie, pierisie, kamelii, lilaku i wrzosowatych (Sadowska 2017b).

Mechanizm infekcji i czynniki środowiskowe

Rozwojowi choroby sprzyja gdy w temperaturze około 25°C zaczynają kiełkować zarodnie płytkowe (zoosporangia) lub strzępki wyrastające z zarodników przetrwalnikowych (chlamydospor). Rozwojowi choroby sprzyja wysoka wilgotność powietrza i temperatury już powyżej 5°C, co pozwala infekować przez cały sezon wegetacyjny. Szczególnie duże zagrożenie stanowią zoosporę, które formują się w kiełkujących zarodniach (zoosporangiach) i osiągają największą aktywność w temperaturze około 25°C. Zainfekowane liście i igły stanowią główne źródło patogenu. W deszczową i wietrzną pogodę zoosporę są przenoszone poprzez rozpryskiwanie kropel wody na sąsiednie rośliny, tworząc nowe ogniska infekcji. Na większe odległości patogen może być przenoszony wraz z transportem roślin, na oponach maszyn, obuwiu i różnym sprzęcie wykorzystywanym do prac w rolnictwie, ogrodnictwie czy leśnictwie (Sadowska 2017a).

Objawy chorobowe u roślin ozdobnych

U różaneczników i podobnych gatunków objawy często rozpoczynają się od brązowych lub ciemnobrązowych plamek na liściach. Kropelki wody sprzyjają rozprzestrzenianiu się zarodników na całej ich powierzchni, co prowadzi do przebarwień i opadania liści. Przy gwałtownym postępie choroby na liściach można zaobserwować nekrozy, a całe pędy więdną i zwisają. Pędy brunatnieją od wierzchołka w kierunku podstawy. Po usunięciu kory widoczne są nekrotyczne tkanki kambium i łyka. Podobne objawy, choć niekiedy słabiej widoczne, występują na roślinach z rodzajów: *Viburnum*, *Pieris*, *Camellia* i *Kalmia* (Sadowska 2017b).

Rozwój patogenu w tkankach roślinnych

Badania nad kolonizacją roślin wykazały, że strzępki patogenu mogą wnikać do komórek lub rozwijać się międzykomórkowo. W młodych, niezdrewniałych pędach *P. ramorum* występuje

w ksylemie, floemie, kambium i parenchymie. Chlamydosporę (zarodniki przetrwalnikowe) tworzą się głównie w tkance parenchymy. Na dębach patogen zasiedla głównie łyko i zewnętrzną część ksylemu, powodując brunatnienie tkanek (Orlikowski, Wiejacha 2005b).

Analiza ryzyka i drogi przenoszenia P. ramorum

Kolonizacja tkanek roślinnych przez gatunek *P. ramorum* jest uzależniona od szeregu czynników, w tym rozmieszczenia i podatności potencjalnych żywicieli, wystąpienia sprzyjających warunków środowiskowych dla wzrostu i rozmnażania patogenu, a także interakcji z innymi organizmami. Rośliny dziko rosnące i chwasty pełnią istotną rolę w przetrwaniu *P. ramorum*, stanowiąc rezerwuariat patogenu (Kozanitas i in. 2017). Identyfikacja dróg przenoszenia patogenu jest kluczowa dla oceny ryzyka jego zawleczenia i zadowolenia się. Można je podzielić na naturalne oraz związane z działalnością człowieka.

Rozprzestrzenianie patogenu w sposób naturalny następuje przede wszystkim za pomocą zarodników płytkowych (zoospor) i przetrwalnikowych (chlamydospor). Po uwolnieniu, zoosporę mogą być przenoszone z prądem wody lub deszczem, a także z wiatrem, co ułatwia infekcję nowych żywicieli (Orlikowski, Wiejacha 2005b). Zoosporangia, formujące się na zainfekowanych liściach, łatwo oddzielają się od trzonków i mogą być przenoszone z wiatrem oraz kroplami deszczu nawet na odległość do 800 metrów od miejsca występowania choroby. Zmywane z liści zoosporę są również roznoszone z prądem wody w ciekach wodnych, strumieniach i rzekach, często na znaczne odległości (Ptaszek i in. 2015b).

Na większe odległości patogen rozprzestrzenia się głównie z materiałem roślinnym, zwłaszcza z materiałem szkółkarskim i ciętymi gałęziami roślin żywicielskich. Prawdopodobnie w ten sposób *P. ramorum* został zawleczony do Polski (Solarz 2016).

Zakażona gleba lub podłoże to kolejne ważne źródła inokulum. Mogą być one łatwo roznoszone na:

- kopytach zwierząt,
- obuwiu ludzi,
- ogumieniu pojazdów,
- sprzęcie rolniczym i leśnym.

Tworzą w ten sposób nowe ogniska choroby. Zakażona woda, szczególnie ta wykorzystywana w procesie nawadniania w szkółkach, sadach i ogrodach, stanowi kluczowy czynnik w rozprzestrzenianiu się patogenu (Oszako i in. 2022).

Szczególnie istotną rolę jako źródło patogenu odgrywają rośliny ozdobne, które są przedmiotem międzynarodowego handlu. Szacuje się, że wraz z nimi zawleczono do Polski co najmniej kilkanaście najgroźniejszych gatunków z rodzaju *Phytophthora* (Jung i in. 2016).

Potencjalni żywiciele P. ramorum

Od czasu gdy gatunek *P. ramorum* został po raz pierwszy opisany przez Werres i in. (2001) na roślinach ozdobnych, w tym na różaneczniku (*Rhododendron catawbiense*) i kalinie (*Viburnum bodnense*) lista roślin podatnych na infekcję znacznie się powiększyła,

co wskazuje, że patogen ma bardzo szeroki zakres żywicieli.

Patogen chętnie zasiedla różne gatunki i odmiany roślin wrzosiowatych, co sprawia, że są one często używane jako swoiste, roślinne pułapki do wykrywania patogenu w środowisku. Do żywicieli *P. ramorum* należą liczne odmiany różaneczników (np. *Catawbiense Grandiflorum*, *Everstianum*, *Roseum Elegans*), a także:

- wrzos pospolity (*Calluna vulgaris*),
- kamelia japońska (*Camellia japonica*),
- kalina (*Viburnum* spp.),
- kiścień wawrzynowy (*Leucothoe fontanesiana*),
- pieris japoński (*Pieris japonica*),
- lilak pospolity (*Syringa vulgaris*),
- borówka wysoka (*Vaccinium corymbosum*).

U niektórych gatunków, jak na przykład u wrzosów, *P. ramorum* nie powoduje śmiertelności wśród roślin, a jedynie mało specyficzne plamy na liściach lub zamieranie pojedynczych pędów wierzchołkowych (Mazurek i in. 2018b). U innych, objawy są bardziej wyraźne i obejmują nekrozy liści oraz zamieranie całych pędów (Sadowska 2017a).

Poza roślinami ozdobnymi, na infekcję *P. ramorum* narażonych jest wiele gatunków drzew, w tym liczne w Polsce. Do żywicieli należą m.in. dęby (np. dąb czerwony), buk zwyczajny, kasztan jadalny, kasztanowiec pospolity, modrzew (europejski i japoński), daglezień zielona oraz świerk sitkajski (Mazurek i in. 2018b).

Długa lista żywicieli, zwłaszcza wśród roślin ozdobnych, podkreśla ich kluczową rolę jako wektorów przenoszenia patogenu z upraw szkółkarskich i ogrodów do środowiska naturalnego. Jeżeli zakażone rośliny znajdują się w pobliżu lasów, ryzyko infekcji drzewostanów jest bardzo wysokie.

Środki przeciwdziałające zadowoleniu się patogena *P. ramorum*

W Unii Europejskiej, w tym w Polsce, gatunek *P. ramorum* (izolaty spoza UE) są uznawane za agrofagi kwarantannowe i podlegają obowiązkowi zwalczania. Zgodnie z rozporządzeniem wykonawczym Unii Europejskiej (2019), patogen ten został umieszczony na liście organizmów podlegających ścisłej kontroli. W odpowiedzi na zagrożenie, Unia Europejska wprowadziła środki nadzwyczajne mające na celu zapobieganie wprowadzaniu i rozprzestrzenianiu się patogenu na jej terytorium. W oparciu o zapisy Dyrektywy Wykonawczej Komisji (UE) 2022/2438, *P. ramorum* jest objęty szczególnymi wymogami, które regulują jego występowanie na roślinach przeznaczonych do sadzenia i materiale rozmnożeniowym. W praktyce oznacza to, że materiał roślinny podlegający tym przepisom musi być opatrzony paszportem roślin, gwarantującym, że został on wyprodukowany w warunkach wolnych od patogenu.

Procedury i metody zwalczania *P. ramorum*

Z uwagi na status agrofaga kwarantannowego w Unii Europejskiej, gatunek *P. ramorum* podlega obowiązkowemu zwalczaniu. Materiał rozmnożeniowy i rośliny sadownicze muszą być wolne od patogenów zgodnie z prawodawstwem UE (Dyrektywa 2022). W przypadku wykrycia objawów porażenia, chore rośliny oraz te

znajdujące się w promieniu 2 metrów od ogniska infekcji muszą zostać usunięte i zniszczone wraz z przylegającą do nich glebą. Podejrzenia co do obecności patogenu w materiale roślinnym należy zgłaszać do najbliższej jednostki Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa (PIORiN). Skuteczność programów kontrolnych zależy od dostępności szybkich i dokładnych metod wykrywania patogenów.

Tradycyjne wykrywanie *P. ramorum* rozpoczyna się od izolacji żywych kultur z uszkodzonych tkanek roślinnych lub środowiska (gleba, woda) przy użyciu pożywek selektywnych lub tzw. pułapek roślinnych. Następnym krokiem jest identyfikacja gatunku na podstawie cech morfologicznych. Ze względu na niską efektywność tych metod, coraz większą popularność zyskują testy immunoenzymatyczne (ELISA), które są wczesnym i szybkim narzędziem ostrzegawczym.

Zainteresowanie biologią molekularną (PCR, qPCR czy NGS) wzrosło z powodu wysokiej śmiertelności drzew i potrzeby szybkiej identyfikacji sprawcy. Metody molekularne, bazujące na analizach DNA, umożliwiają precyzyjne wykrywanie patogenu w próbkach środowiskowych. W celu identyfikacji gatunku, konieczna jest analiza co najmniej dwóch markerów, np. fragmentów ITS i COX1, ponieważ bliskie pokrewieństwo wielu gatunków z rodzaju *Phytophthora* uniemożliwia ich rozróżnienie w oparciu o pojedynczą sekwencję (Migliorini i in. 2019). Komercyjnie dostępne testy molekularne i płytkowe (ELISA) stwarzają możliwości szybkiego wykrywania, co jest szczególnie istotne w szkółkach, gdzie wczesne wykrycie pozwala na podjęcie natychmiastowych działań.

W celu ograniczenia inwazyjnych patogenów należy położyć szczególny nacisk na działania prewencyjne. Zgodnie z dyrektywami UE o integrowanej ochronie roślin, ważne jest:

- wprowadzanie dobrych praktyk w szkółkach leśnych: Obejmuje to odkażanie narzędzi i obuwia, wczesne wykrywanie patogenów oraz systematyczne monitorowanie obszarów narażonych na introdukcję *P. ramorum*,
- stosowanie odpowiednich płodozmianów: W oparciu o wiedzę o potencjalnych żywicielach, dobiera się płodozmiany roślin odpornych lub tolerujących chorobę, co pozwala na zapobieganie infekcjom bez konieczności stosowania środków chemicznych,
- hodowla roślin odpornych: Rozmnażanie wegetatywne (np. *in vitro*) drzew, które przeżyły chorobę w wyniku naturalnej selekcji, pozwala na wytwarzanie odpornego materiału genetycznego.

W przypadku pojawienia się infekcji, w lasach można zastosować opryski liści lub pni elicytorami odporności, takimi jak fosforyny potasowe. W szkółkach roślin ozdobnych należy niezwłocznie eliminować rośliny z objawami porażenia. Badania nad ochroną różaneczników przed *P. ramorum* wykazały, że skuteczne są opryski biologiczne (np. wyciąg z grejpfruta) oraz chemiczne (np. preparaty zawierające dimetomorf czy fenamidon), które ograniczają rozwój nekroz i tworzenie się zarodników w tkankach (Orlikowski, Wiejacha 2005b).

Ocena ryzyka zdomowienia się patogenu w polskich lasach

Ryzyko zdomowienia się *P. ramorum* w polskich lasach zależy od wielu czynników, takich jak klimat, dostępność żywicieli, obecność innych patogenów oraz warunków wilgotnościowych, które są kluczowe dla cyklu życiowego lęgniowców (Orlikowski, Wiejacha 2005b).

Analiza klimatu w Polsce wskazuje, że panujące w kraju warunki są sprzyjające dla zdomowienia się patogenu. Optymalna temperatura dla rozwoju *P. ramorum* wynosi około 20°C, a jej wzrost jest możliwy w szerokim zakresie temperatur, od 5°C do ponad 27°C. Ponieważ cykl życiowy patogenu jest ściśle związany z obecnością wody (zarodniki płytkowe), okresy o wysokiej wilgotności powietrza oraz obfitych opadach deszczu, charakterystyczne dla polskiej wiosny i jesieni, stwarzają idealne warunki do jego rozwoju i rozprzestrzeniania się. Wilgotny klimat w wielu regionach Polski, w połączeniu z dostępnością potencjalnych żywicieli, sprawia, że zdomowienie się patogenu w polskich lasach jest prawdopodobne, szczególnie w drzewostanach modrzewiowych i bukowych.

Jednak, izolaty gatunku *P. ramorum* w USA występują w Kalifornii, gdzie panuje klimat zbliżony do śródziemnomorskiego, z gorącymi, suchymi latami i łagodnymi, wilgotnymi zimami. Klimat ten jest odmienny od występującego w Polsce ponieważ temperatury letnie w tych regionach mogą być wyjątkowo wysokie, osiągając wartość 30°C (Vose i in. 2013). Charakterystyczne dla tego rejonu są również niewielkie opady zimą, często spowodowane zjawiskiem „suchego lata”, któremu sprzyjają okresy suszy stwarzające doskonałe warunki do rozwoju patogenu (Rizzo i in. 2005). Pod tym względem, w Europie odpowiednie regiony istnieją w Wielkiej Brytanii i Irlandii (ryc. 3) (Baker i in. 2011). Jednak obserwowane zmiany klimatu mogą stworzyć odpowiednie warunki dla rozwoju *P. ramorum*, również w Polsce.

W Wielkiej Brytanii *P. ramorum* został po raz pierwszy zidentyfikowany w 2002 roku. Klimat Wielkiej Brytanii, charakteryzujący się łagodnymi zimami i umiarkowanie chłodnymi latami, sprzyja rozprzestrzenianiu się tego patogenu. Obszary o dużej wilgotności i częstych opadach, takie jak lasy bukowe, stanowią szczególnie ko-

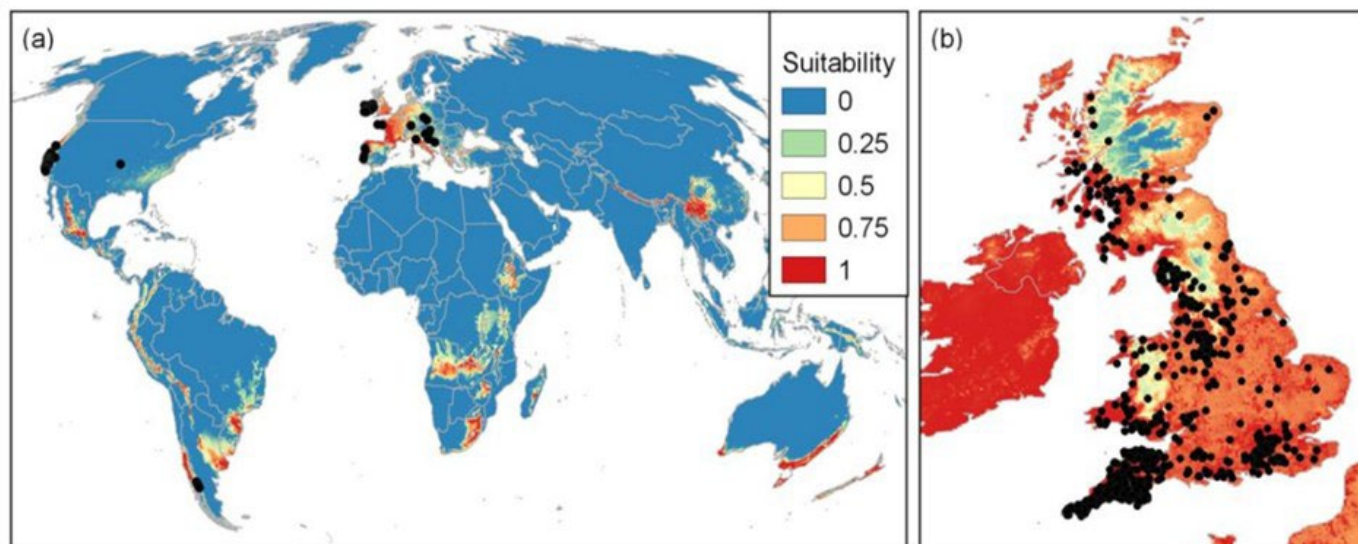
rzystne środowisko dla rozwoju *P. ramorum* (Brasier 2008). Podobnie jak w Wielkiej Brytanii, w Irlandii klimat również sprzyja rozwojowi *P. ramorum*. Irlandzkie lasy, bogate w roślinność i charakteryzujące się wilgotnym klimatem, są bardzo podatne na porażenie (Grünwald i in. 2008).

Polska znajduje się w strefie klimatu umiarkowanego, charakteryzującego się zmiennością warunków pogodowych i czterema wyraźnymi porami roku (Bartoszczuk 2011). W Polsce występuje zróżnicowanie klimatyczne w zależności od regionu. Na ogół panuje klimat kontynentalny, a na południu kraju dominuje klimat podgórski i górski, natomiast na wybrzeżu – klimat morski (Dyląg i in. 2015). Średnia temperatura roczna wynosi około 7–9°C. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec, a najzimniejszym styczeń. Opady atmosferyczne w Polsce są równomiernie rozłożone w ciągu roku z większymi opadami latem. Średnioroczna suma opadów wynosi około 600–800 mm (Bartoszczuk 2011).

Z uwagi na dużą plastyczność *P. ramorum* (zakres temperatury od około 2° do 30°C, przy optimum 20°C) oraz szybkie tworzenie zarodni płytkowych, łatwo odrywających się od trzonków oraz tworzenie licznych chlamydospor, gatunek może rozwijać się w warunkach klimatycznych Polski od wiosny do późnej jesieni. Szeroka grupa roślin żywicielskich, przede wszystkim ozdobnych, stwarza warunki do rozprzestrzeniania patogenu na terenie całego kraju (Orlikowski, Szkuta 2005).

Ryzyko wprowadzenia i rozprzestrzeniania się *P. ramorum* w Polsce
Amerykańskie badanie APHIS PRA stwierdza, że prawdopodobieństwo wprowadzenia *P. ramorum* można określić się na trzy sposoby:

- potencjał wejścia, który definiuje się jako wprost proporcjonalny do ilości roślin w obrocie handlu,
- potencjał niezamierzonej introdukcji, przeżycia i rozprzestrzeniania patogena, determinowany przez charakter odpowiedniego klimatu i obecność roślin żywicielskich,
- potencjał detekcji, ujemnie skorelowany z możliwością niewykrycia patogenu (Baker i in. 2011).



Rycina 3. Przewidywane prawdopodobieństwo wystąpienia *P. ramorum* na podstawie przydatności klimatu. Źródło: (Green i in. 2021)
Figure 3. Predicted likelihood of *P. ramorum* occurrence based on climatic suitability. Source: (Green et al. 2021)

Oprócz ryzyka zdomowienia się tego patogenu w polskich lasach (zależnej od biologii *P. ramorum*, w tym warunków sprzyjających jego rozprzestrzenianiu się) ważne jest określenie potencjalnych źródeł introdukcji patogenu do Polski, takich jak importowane rośliny. Rośliny ozdobne (bzy, kaliny, różaneczniki i wrzosa) sadzone przy nadleśnictwach, w pasach przeciwwietrznych na szkółkach czy w gospodarstwach domowych przy lasach są potencjalnymi wektorami jego przenoszenia do lasów. Poza tym, w szkółkach roślin ozdobnych czy miejscach ich sprzedaży (szczególnie tam gdzie składują się chore rośliny) istnieje ryzyko przeniesienia patogenu na obuwiu czy oponach pojazdów. Również woda używana do podlewania roślin może ulec skażeniu i spłynąć do zbiorników, w których jest przechowywana lub do cieków wodnych, z którymi patogen przedostanie się na dalsze odległości. Pomóc mogą w tym również ptaki korzystające ze zbiorników wodnych. Natomiast, z terenów rolniczych na tereny leśne patogen może przedostać się na kopytach dzikich lub hodowlanych zwierząt (w tym wzdłuż wytoczonych w lasach ścieżkach do jazdy konnej czy rowerowej). Z tego względu te miejsca powinny być monitorowane przez służby leśne.

Badanie warunków środowiskowych w polskich lasach, takich jak klimat, gleba i rodzaje roślinności, może pomóc w zidentyfikowaniu obszarów szczególnie podatnych na porażenie przez *P. ramorum*. Ponadto, analiza dotychczasowych przypadków występowania patogenu w innych regionach świata może dostarczyć cennych informacji na temat potencjalnych wzorców i ryzyka rozprzestrzeniania (Werres i in. 2001; Grünwald i in. 2008).

Warto wspomnieć o współpracy z międzynarodowymi organizacjami do spraw ochrony roślin i leśnictwa oraz o wymianie informacji z innymi krajami dotkniętymi problemem występowania *P. ramorum*. Wiedza ta będzie pomocna w ocenie ryzyka i opracowaniu skutecznych strategii zapobiegawczych. Wprawdzie w Polsce klimat (mroźne zimy), na razie nie sprzyja rozwojowi patogenu tak jak w krajach, gdzie *P. ramorum* jest rozprzestrzeniony, to jednak w niektórych regionach Polski warunki klimatyczne są bardziej sprzyjające, np. w południowo-zachodniej części kraju, gdzie *P. ramorum* mógłby przetrwać i rozprzestrzeniać się.

5. Podsumowanie – dyskusja

Gatunek *P. ramorum* jako obcy i inwazyjny gatunek, powoduje w Europie zjawisko nagłego zamierania modrzewi oraz posiada szeroki zakres innych roślin żywicielskich (Kasuga i in. 2016; Kozanitas i in. 2017; Dale 2019a; 2019b). Najpierw pojawił się w USA (w latach dziewięćdziesiątych minionego stulecia), następnie w Wielkiej Brytanii i innych krajach europejskich (Jung i in. 2018; Harris i in. 2018). W 2002 roku został po raz pierwszy stwierdzony w Polsce, kiedy zaatakował pędy różaneczników (Orlikowski, Szkuta 2002).

Do 2017 roku patogen *P. ramorum* znany był tylko w Europie i Ameryce Północnej (Grünwald i in. 2019), jednakże później udokumentowano jego wykrycie w Japonii i Wietnamie (Jung i in. 2017; Jung 2017b). Patogen *P. ramorum* powoduje zamieranie pędów u porażonych roślin żywicielskich i/lub nekrozy liści/igieł (Sadowska 2017a; 2017b). Występowanie *P. ramorum*, typu ko-

niugacyjnego AI po raz pierwszy na świecie stwierdzono na roślinach ozdobnych fotinii i wrzosa, a w Polsce na pierisach. W naszym kraju to rośliny ozdobne są żywicielami patogenu, szczególnie; różaneczniki, kaliny, wrzosa i borówki (Orlikowski, Szkuta 2005). Z międzynarodowych badań wynika, że patogen oprócz wspomnianych modrzewi atakuje także buki i jodły (Grünwald i in. 2019). Ustalono również, że *P. ramorum* może przenosić się z dębów na modrzewie oraz jesion wyniosły (Mazurek i in. 2018a; 2018b; 2018c). Z badań Orlikowskiego i Szkuty (2005) wynika, że izolaty *P. ramorum* z fotinii, pierisa, różanecznika i wrzosa wykazują podobny poziom chorobotwórczości. Prawdopodobnie źródłem patogenu w Polsce były porażone różaneczniki bądź został on zawleczony na importowanych roślinach ozdobnych, będących przedmiotem międzynarodowego handlu (Orlikowski i Wiejacha 2005a; 2005b). Z kolei Ptaszek i Orlikowski (2015) ustalili, że patogen znajdował się w siewkach (w tym dębu), sadzonkach i starszych roślinach importowanych do Polski. Stąd potrzeba monitorowania nasadzeń w miastach (śródmiejscowych, parkach, cmentarzach, ogrodach itp.) oraz terenach przydomowych (prywatne ogrody przydomowe czy przy nadleśnictwach), z których patogen mógłby przedostać się do ekosystemów leśnych.

Zmiany klimatu będą sprzyjać zdomowieniu się w Polsce patogenu ponieważ rozwojowi sprzyja wysoka temperatura i duża wilgotność powietrza. Patogen rozwija się już w temperaturze powyżej 5°C, i dlatego może atakować rośliny praktycznie przez cały sezon wegetacyjny (Sadowska 2017a; 2017b). Gatunek *P. ramorum* wytwarza dużą liczbę zarodni i zarodników płukowych (zoospor) infekujących tkanki żywicieli (Orlikowski, Wiejacha 2005a; 2005b), szczególnie w ciepłych i wilgotnych warunkach (Harris, Webber 2016; Oszako i in. 2022). Ryzyko zdomowienia się *P. ramorum* w polskich lasach jest coraz większe ze względu na to, że w ostatnich latach zimy i wiosny w Polsce są coraz cieplejsze i stwarzają korzystne warunki do rozmnażania się tego lęgniowca. Z uwagi na rozwój *P. ramorum* w zakresie temperatury od około 5° do 30°C, przy optimum 20°C oraz szybkie tworzenie zarodni płukowych oraz licznych chlamydospor (zarodników), może on rozwijać się w warunkach klimatycznych Polski od wiosny do późnej jesieni. Z badań Orlikowskiego i Szkuty (2005) wynika, że patogen ten ma również szansę szybko rozprzestrzenić się w Polsce ze względu na szeroką grupę roślin żywicielskich, w szczególności ozdobnych.

Według Solarza (2016) *P. ramorum* może być zawleczony wraz z ciętymi gałęziami albo z materiałem szkółkarskim, który obecnie można zamawiać przez Internet. Główne źródło patogenu w warzywnikach, sadach owocowych i szkółkach leśnych stanowi woda, na co wskazują Orlikowski i in. (2011; 2012; 2013). Systemy nawadniania szkółek, porywiste wiatry, deszcz, woda w ciekach wodnych przenoszą zoosporę i chlamydosporę na znaczne odległości. Z badań Ptaszek i Orlikowskiego (2015) wynika, że patogen jest obecny w strumieniach i potokach, które przepływają przez lasy. Zdaniem Oszako i in. (2022) patogen obecny w glebie bądź podłożu jest roznoszony także przez zwierzęta (na kopytach) i ludzi (obuwie, opony pojazdów). Obecność *P. ramorum* na wrzosa co do rozprzestrzeniania się

patogenu na inne rośliny, zwłaszcza na buka, borówkę brusznice, kalinę, a także na inne, nieznane jeszcze rośliny żywicielskie rosnące w Polsce (Orlikowski, Szkuta 2005).

Obecnie w Polsce jedynie służby kwarantannowe (PIORiN) mają obowiązek monitorowania obecności patogena na terenach leśnych (szczególnie w szkółkach). Jednak w działania prewencyjne powinni włączyć się również służby leśne i naukowcy. Trzeba wypracować efektywnie metody zapobiegania wprowadzeniu i rozprzestrzenianiu się *P. ramorum* w lasach. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że wcześniej czy później tzw. agrofagi kwarantannowe trafiają do naszego kraju pomimo wysiłków krajowych służb ochrony roślin. Zatem prowadzone przez nie procedury fitosanitarne i realizowane programy kontrolne w celu wykrywania i identyfikacji szkodników kwarantannowych nie gwarantują, że patogen *P. ramorum* nie trafi na tereny leśne. Istnieje zatem konieczność uruchomienia programów badawczych podejmujących działania prewencyjne, monitorujące leśne tereny i tereny przygraniczne w celu minimalizacji ryzyka przeniesienia *P. ramorum* do Polski oraz zapobieżeniu jego zdomowienia się w polskich lasach.

Ważna jest również prewencja w szkółkach leśnych polegająca na wczesnym wykrywaniu patogena wykorzystując analizy DNA (PCR) lub za pomocą płytkowych testów immunoenzymatycznych. Pomoc może wydawanie odpowiednich zaświadczeń potwierdzających, że dana szkółka jest wolna od patogena, zatem i produkowane w niej sadzonki też będą (Oszako i in. 2022). Szczególnie dotyczy to szkółek, które hodują również gatunki roślin ozdobnych.

Podsumowując, z powodu obserwowanych zmian klimatu i obecności roślin żywicielskich ryzyko zdomowienia się *P. ramorum* w polskich lasach jest istotne. Pomimo, że warunki panujące na terenie Polski nadal nie są całkowicie sprzyjające rozwojowi *P. ramorum*, to jednak ocieplanie się klimatu i sprowadzanie roślin ozdobnych zwiększają ryzyko zawleczenia i przetrwania *P. ramorum* w nowym środowisku. Patogen potencjalnie mógłby rozprzestrzeniać się w rejonach kraju, gdzie temperatury zimą i latem są najwyższe. W związku z tym, administracja leśna i naukowcy powinni podjąć odpowiednie środki ostrożności, aby na jak najwcześniejszym etapie móc wyeliminować *P. ramorum* z lasów.

6. Wnioski

1. Przypadkowe wprowadzenie i rozprzestrzenianie się *Phytophthora ramorum* w Polsce może skutkować zamieraniem drzewostanów modrzewiowych i bukowych, powodując degradację środowiska i utratę różnorodności biologicznej związanej z tymi gatunkami.
2. Analiza dróg możliwej introdukcji *P. ramorum* do Polski wskazuje na istotne ryzyko przeniesienia tego patogenu wskutek intensyfikacji handlu roślinami ozdobnymi.
3. Zmieniające się warunki klimatyczne w Polsce (cieplejsze zimy i wilgotne wiosny) sprzyjają rozwojowi *P. ramorum*, co stwarza możliwości zdomowienia się patogenu w polskich lasach.
4. Ze strony służb leśnych i naukowców oczekiwać należy podjęcia działań prewencyjnych, w tym monitoringu lasów w strefach przygranicznych i w pobliżu szkółek roślin.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Źródła finansowania badań

Praca została dofinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (nr grantu WZ/WB-INL/2/2024) na rzecz Politechniki Białostockiej. Praca powstała na podstawie pracy dyplomowej E. Malinowskiej na Politechnice Białostockiej na Wydziale Budownictwa i Nauk o Środowisku. Opiekun pracy dyplomowej – prof. dr hab. inż. Tomasz Oszako.

Wkład autorów

E.M. – koncepcja artykułu, przegląd literatury, analiza wyników, korekta tekstu; T.O. – koncepcja artykułu, korekta tekstu; J.Ł. – redakcja tekstu, korekta tekstu.

Literatura

- Baker R., Candresse T., Dormannsné Simon E., Gilioli G., Grégoire J.-C., John Jeger M., Evtimova Karadjova O., Lövei G., Makowski D., Manceau Ch., Navajas M., Porta Puglia A., Rafoss T., Rossi V., Schans J., Schrader G., Urek G., Coert van Lenteren J., Vloutoglou I., Winter S. and Zlotina M. 2011. Scientific Opinion on the Pest Risk Analysis on Phytophthora ramorum prepared by the FP6 project RAPR, *EFSA Journal* 9 (6). 2186. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2186>.
- Bartoszczuk S. 2011. Klimat Polski w XXI wieku. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Brasier C.M. 2008. The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants, *Plant Pathology* 57 (5): 792–808. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01886.x>.
- Brasier C.M., Webber J.F., Man in 't Veld W.A. 2010. Phytophthora ramorum (Sudden Larch Death) in the UK: epidemiology and implications for European forestry. Proceedings of the IUFRO Working Party 7.02.09 Meeting. s. 57–65.
- Dale A.L. 2019a. Mitotic Recombination and Rapid Genome Evolution in the Invasive Forest Pathogen Phytophthora ramorum, *Ecological and Evolutionary Science* 10 (2). DOI: <https://doi.org/10.1128/mBio.02452-18>.
- Dale A.L. 2019b. A meta-analysis of the global distribution of Phytophthora ramorum, *Plant Pathology* 68 (8): 1632–1641.
- Dyląg M., Markuszewski P., Półrolniczak M. 2015. Regionalne różnicowanie klimatu Polski, w: P. Rowiński, M. Popek, M. Dyląg (red.) *Przemiany Klimatu w Polsce*. s. 35–56.
- Dyrektywa 1993. Dyrektywa Komisji 93/49/EWG z dnia 23 czerwca 1993 r. określająca wykazy wskazujące warunki, jakie mają zostać spełnione przez materiał rozmnożeniowy roślin ozdobnych oraz rośliny ozdobne, zgodnie z dyrektywą Rady 91/682/EWG, *Dziennik Urzędowy UE* L. 250: 9–18. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993L0049> (dostęp 1.09.2025)
- Dyrektywa 2009. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 309: 71–86. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128> (dostęp 1.09.2025)
- Dyrektywa 2014. Dyrektywa Wykonawcza Komisji 2014/98/UE z dnia 15 października 2014 r. w sprawie wykonania dyrektywy Rady 2008/90/WE w odniesieniu do szczegółowych wymogów dotyczących rodzajów i gatunków roślin sadowniczych, o których mowa w

- załączniku I do tej dyrektywy, szczegółowych wymogów wobec dostawców oraz szczegółowych zasad dotyczących inspekcji urzędowych, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 298: 22–61. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0098> (dostęp 1.09.2025)
- Dyrektywa 2022. Dyrektywa Wykonawcza Komisji (UE) 2022/2438 z dnia 12 grudnia 2022 r. zmieniająca dyrektywę 93/49/EWG i dyrektywę wykonawczą 2014/98/UE w odniesieniu do regulowanych agrofagów niekwartantowych dla Unii na materiale rozmnożeniowym roślin ozdobnych, materiale rozmnożeniowym roślin sadowniczych oraz roślinach sadowniczych przeznaczonych do produkcji owoców, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 319: 54–65. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022L2438> (dostęp 1.09.2025)
- Franceschini S., Webber J.F., Sancisi-Frey S., Brasier C.M. 2014. Gene x environment tests discriminate the new EU2 evolutionary lineage of *Phytophthora ramorum* and indicate that it is adaptively different, *Forest Pathology* 44: 219–23. DOI: <https://doi.org/10.1111/efp.12085>.
- Green S., Cooke D. E., Dunn M., Barwell L., Purse B., Chapman D.S., Valatin G., Schlenzig A., Barbrook J., Pettitt T., Price C., Pérez-Sierra A., Frederickson-Matika D., Pritchard L., Thorpe P., Cock P.J.A., Randall E., Keillor B., Marzano M. 2021. PHYTO-THREATS: Addressing threats to UK forests and woodlands from *Phytophthora*; identifying risks of spread in trade and methods for mitigation, *Forests* 12 (12). 1617. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12121617>.
- Grünwald N.J., LeBoldus J.M., Hamelin R.C. 2019. Ecology and Evolution of the Sudden Oak Death Pathogen *Phytophthora ramorum*, *Annual Review of Phytopathology* 57: 301–321. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082718-100117>.
- Grünwald N.J., Goss E.M. Press C.M. 2008. *Phytophthora ramorum*: a pathogen with a remarkably wide host range causing sudden oak death on oaks and P. ramorum blight on woody ornamentals, *Molecular Plant Pathology* 9 (6): 729–740. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00500.x>.
- Harris A.R., Webber J.F. 2016. Sporulation potential, symptom expression and detection of *Phytophthora ramorum* on larch needles and other foliar hosts, *Forest Pathology* 46 (2): 116–125.
- Harris A.R., Mullet M., Webber J.F. 2018. Changes in the population structure and sporulation behaviour of *Phytophthora ramorum* associated with the epidemic on *Larix* (larch) in Britain, *Biol. Invasions* 20: 2313–2328.
- Harris C., Webber J.F. 2016. The biology and spread of *Phytophthora ramorum* on larch in the UK, *Forestry* 89 (3): 97–306.
- Hayden K.J., Garbelotto M., Rizzo D.M. 2014. Pathogen life history and disease progression. w: M. Garbelotto, D.M. Rizzo (red.) *Sudden Oak Death Science and Management*, Springer. s. 45–66. <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA/distribution> (dostęp 1.09.2025)
- Jung T., Orlikowski L., Henricot B., Abad-Campos P., Aday A.G., Aguin Casal O., Bakonyi J., Cacciola S.O., Cech T., Chavarriaga D., Corcobado T., Cravador A., Decourcelle T., Denton G., Diamandis S., Domuş-Lehtijärvi H.T., Franceschini A., Ginetti B., Green S., Glavendekić M., Hantula J., Hartmann G., Herrero M., Ivic D., Horta Jung M., Lilja A., Keca N., Kramarets V., Lyubanova A., Machado H., Magnano di San Lio G., Mansilla Vázquez P.J., Marçais B., Matsiakh I., Milenkovic I., Moricca S., Nagy Z.A., Nechwatal J., Olsson C., Oszako T., Pane A., Paplomatas E.J., Pintos Varela C., Prospero S., Rial Martínez C., Rigling D., Robin C., Rytkönen A., Sánchez M.E., Sanz Ros A.V., Scanu B., Schlenzig A., Schumacher J., Slavov S., Solla A., Sousa E., Stenlid J., Talg V., Tomic Z., Tsopelas P., Vannini A., Vettraino A.M., Wenneker M., Woodward S., Pérez-Sierra A. 2016. Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases, *Forest Pathology* 46 (2): 134–163. DOI: <https://doi.org/10.1111/efp.12239>.
- Jung T., Pérez-Sierra A., Rees H., Scanu B., Bakonyi J., Cacciola S.O., Cech T., Chandelier A., Heungens K., Horta Jung M. 2017. Diversity of *Phytophthora* species in natural forests and streams and in rubber plantations in Vietnam. w: Proceedings of the 8th Meeting of the International Union of Forestry Research Organizations, *Phytophthora in Forests and Natural Ecosystems*, Vienna, Austria: IUFRO. 56 s.
- Jung T., Sierra-Perez A., Duran A., Horta Jung M., Balci Y., Scanu B. 2018. Canker and decline diseases caused by soil- and airborne *Phytophthora* species in forests and woodlands, *Persoonia* 40: 182–220. DOI: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2018.40.08>.
- Jung T. 2017a. The genus *Phytophthora*—A comprehensive review of the known species, *Studies in Mycology* 88: 1–103.
- Jung T. 2017b. A new lineage of *Phytophthora ramorum* from a remote forest in Southeast Asia, *Forest Pathology* 47 (3). e12330.
- Kasuga T., Bui M., Bernhardt E., Swiecki T., Aram K., Cano L. M., Webber J., Brasier C., Press C., Grünwald N.J., Rizzo D.M., Garbelotto M. 2016. Host-induced aneuploidy and phenotypic diversification in the Sudden Oak Death pathogen *Phytophthora ramorum*, *BMC Genomics* 17: 385–402.
- Kozanits M., Osmundson T.W., Linzer R., Garbelotto M. 2017. Inter-specific interactions between the Sudden Oak Death pathogen *Phytophthora ramorum* and two sympatric *Phytophthora* species in varying ecological conditions, *Fungal Ecology* 28: 86–96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.04.006>.
- Mazurek A., Nowik K., Łakomy P. 2018a. *Phytophthora ramorum* as a cause of sudden oak death in Poland, *Forest Pathology* 48 (5). e12450.
- Mazurek A., Orlikowski L., Grzywacz T., Malewski T. 2018b. The status of *Phytophthora ramorum* in Poland - A phytosanitary risk assessment, *Forestry* 915: 589–598.
- Mazurek J., Nowik K., Łakomy P. (red.) 2018c. Profilaktyka chorób drzew miejskich. Zalecenia bio-asekuracji. Fundacja EkoRozwoju, Wrocław. ISBN: 978-83-63573-23-2.
- Migliorini D., Barzanti G.P., Croes L., Panzavolta T., Linaldeddu B.T. 2019. *Phytophthora ramorum* on European oaks in Tuscany – A phytosanitary risk assessment, *Forest Pathology* 49 (5). e12530.
- Orlikowski L.B., Ptaszek M., Trzewik A., Orlikowska T. 2011. Ciek i zbiornik wodny jako potencjalne źródła *Phytophthora* spp., *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 11, z. 3 (35): 153–160.
- Orlikowski L.B., Ptaszek M., Trzewik A., Orlikowska T. 2013. Woda jako źródło zagrożenia roślin w środowisku przez *Phytophthora* spp., *Polish Journal of Agronomy* 15: 8–13.
- Orlikowski L.B., Ptaszek M., Trzewik A., Orlikowska T., Wojtkowska M., Meszka B. 2012. Woda jako źródło rozprzestrzeniania gatunków *phytophthora* w środowisku, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 12, z. 3 (39): 179–186.
- Orlikowski L.B., Szkuta G. 2002. First record of *Phytophthora ramorum* in Poland, *Phytopathologia Polonica* 25: 169–173.
- Orlikowski L.B., Szkuta G. 2005. *Phytophthora ramorum* w Polsce. Stan aktualny i zagrożenia, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 504: 493–497.
- Orlikowski L.B., Wiejacha K. 2005a. *Phytophthora ramorum*, nowy inwazyjny czynnik chorobotwórczy dla roślin na Świecie i w Polsce, *Postępy Nauk Rolniczych* 6: 4–14.
- Orlikowski L.B., Wiejacha K. 2005b. *Phytophthora ramorum* - an exotic and invasive quarantine pathogen, *Forestry* 78 (2): 165–177.
- Oszako T., Hilszczańska D., Szmida H. 2022. Grzyby jako zagrożenie i remedium dla drzewostanów w zmieniających się warunkach środowiska leśnego, w: I. Skrzecz, K. Sikora (red.) Wpływ zmian klimatu na środowisko leśne, Zimowa Szkoła Leśna przy Instytucie Badawczym Leśnictwa XII sesja, Sękocin Stary, 15-17 marca 2022, s. 101–121. ISBN 978-83-62830-98-5.
- Ptaszek M., Orlikowski L.B. 2015. Występowanie *Phytophthora ramorum* w ciekach i zbiornikach wodnych w Polsce i zagrożenie upraw przez gatunki tego rodzaju, *Progress in Plant Protection* 55 (1): 64–70.
- Ptaszek M., Orlikowski L.B., Treder J. 2015a. A review of *Phytophthora* species isolated from forest and ornamental plants, *Polish Journal of Agronomy* 21: 11–24.
- Ptaszek M., Orlikowski L.B., Treder W. 2015b. Skażenie cieków i zbiorników wodnych przez gatunki *Phytophthora*, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* II (1): 209–220.
- Rizzo D.M., Garbelotto M., Davidson J.M. 2002. *Phytophthora ramorum*: a new forest pathogen, *BioScience* 52 (7): 598–607.
- Rizzo D.M., Garbelotto M., Hansen E.M. 2005. *Phytophthora ramorum*: integrative research and management of an emerging pathogen in California and Oregon forests, *Annual Review of Phytopathology* 43: 309–335. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.42.040803.140418>.
- Rozporządzenie 2009. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1107/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące

- wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej* L 309: 1–50. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1107> (dostęp 1.09.2025)
- Rozporządzenie 2019. Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/2072 z dnia 28 listopada 2019 r. ustanawiające jednolite warunki wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2031 w sprawie środków ochronnych przeciwko agrofagom roślin i uchylające rozporządzenie Komisji (WE) nr 690/2008 oraz zmieniające rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2018/2019, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 319: 1–279. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2072> (dostęp 1.09.2025)
- Sadowska K. 2017a. Phytophthora ramorum – a new threat to Polish forests, *Leśne Prace Badawcze* 78 (2): 161–171.
- Sadowska K. 2017b. Phytophthora ramorum Werres, De Cock & Man in't Veld, w: M. Rataj-Guranowska, K. Sadowska (red.) Kompendium symptomów chorób roślin oraz morfologii ich sprawców, z. 13, Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Bank Patogenów Roślin i Badania Ich Bioróżnorodności, Poznań, s. 101–107.
- Solarz W. 2016. Zagrożenie lasów ze strony inwazyjnych obcych gatunków grzybów, roślin i zwierząt, w: Zagrożenia lasu oraz jego funkcji - przyczyny, konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s. 177–188.
- Vose J.M., Peterson D.L., Patel-Weynand T., Hollinger D.Y., Gould P.J. 2013. Effects of climate variability and change on forest ecosystems: a comprehensive science synthesis for the U.S. forest sector. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center.
- Webber J.F., Brasier C.M. 2012. The airborne threat of Phytophthora ramorum to trees in Britain, *Forest Pathology* 42 (5): 458–471.
- Werres S., Marwitz R., Man in 't veld W.A., De Cock A.W.A.M., Bonantas P.J.M., De Weerd M., Themann K., Ilieva E., Baayen R. 2001. *Phytophthora ramorum* sp. nov., a new pathogen on *Rhododendron* and *Viburnum*, *Mycological Research* 105 (10): 1155–1165. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(08\)61986-3](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(08)61986-3).
- Zentmyer G.A. 1984. Avocado diseases, *International Journal of Pest Management* 30 (4): 388–400.